

二酸化炭素資源化を目指した植物の物質生産力強化と  
生産物活用のための基盤技術の創出

平成 24 年度採択研究代表者

H25 年度  
実績報告

田口 精一

北海道大学 大学院工学研究院  
教授

植物バイオマス原料を利活用した微生物工場による  
新規バイオポリマーの創製および高機能部材化

## § 1. 研究実施体制（公開）

### (1) 田口グループ

① 主たる共同研究者: 田口 精一（北海道大学大学院工学研究院、教授）

#### ② 研究項目

- ・多元ポリ乳酸 P(LA-co-3HB)の微生物合成系の充実
- ・P(LA-co-3HB)の大量合成検討と基礎物性解析
- ・P(2HB)および P(LA-co-2HB)の生合成検討
- ・植物バイオマスからのポリマー合成一貫プロセスの開発

### (2) 柘植グループ

③ 主たる共同研究者: 柘植 丈治（東京工業大学大学院総合理工学研究科、准教授）

#### ④ 研究項目

- ・ポリマー生産性の向上
- ・脂肪酸高増殖株への移行
- ・ホモPHA種類の拡充
- ・混合有機酸の原料化

### (3) 岩田グループ

① 主たる共同研究者: 岩田 忠久（東京大学大学院農学生命科学研究科、教授）

#### ② 研究項目

- ・多元ポリ乳酸及びホモ PHA の基礎物性解析

- ・実バイオマスからのキシラン抽出とポリ乳酸に対する結晶核剤効果の検討
- ・多元ポリ乳酸の結晶構造解析
- ・中鎖 PHA の結晶構造解析
- ・ポリマーブレンドによる複合材料化の検討

## § 2. 研究実施の概要

現在、「多元ポリ乳酸」と「ホモ PHA」の2系統の新規ポリマーの生合成系の充実を図っており、新たな展開をしている。特に、「多元ポリ乳酸」では、乳酸分率に対応した物性変化の傾向を把握し、筋のよいポリマーのスクリーニングに移行している。また、「ホモ PHA」においても、均一性の高いホモポリマーの生合成系の基盤を確立し、サンプル量に応じた基礎物性解析が進んでいる。さらに、各種エステル化されたキシランの多元ポリ乳酸に対する核剤効果が特に D 体に対して優位に効果があり、そのメカニズム解明が進んでいる。多元ポリ乳酸の合成量向上と高分子量化は、酵素と培養条件の検討により改善が進み、今後連鎖移動剤を考慮した高分子量化技術を導入する予定である。植物バイオマス(草本系材料とパルプ)からのリファイナリー技術開発が前倒して開始して積極的に進み、酵素糖化法を経由し多元ポリ乳酸の微生物合成までの一貫プロセスのプロトタイプができたので、ホモ PHA も含めさらに進展させる予定である。

## § 3. 成果発表等

### (3-1) 原著論文発表

#### 論文詳細情報(国内)

大井俊彦、松本謙一郎、門屋亨介、田口精一:植物バイオマスから微生物バイオポリマー生産のための一貫プロセス開発, 高分子論文集, 70, 675-683 (2013).

#### 論文詳細情報(国際)

1. Noreen G. V. Fundador, Yukiko Enomoto-Rogers, Akio Takemura, Tadahisa Iwata: Xylan esters as bio-based nucleating agents for poly (L-lactic acid); Polymer Degradation and Stability 98, 1064-1071 (2013). (DOI: DOI 10.1016/j.polymdegradstab.2013.01.010).
2. Ken'ichiro Matsumoto, Satsuki Terai, Ayako Ishiyama, Jian Sun, Taizo Kabe, Yuyang Song, John Nduko, Tadahisa Iwata, Seiichi Taguchi, One-pot microbial production, mechanical properties and enzymatic degradation of isotactic P[(R)-2-hydroxybutyrate] and its copolymer with (R)-lactate, Biomacromolecules, 14, 1913-1918 (2013) (DOI: doi: 10.1021/bm400278j).
3. Ken'ichiro Matsumoto, Yoshikazu Tanaka, Tsuyoshi Watanabe, Ren Motohashi, Koji Ikeda, Kota Tobitani, Min Yao, Isao Tanaka, Seiichi Taguchi, Directed evolution and structural analysis of NADPH-dependent acetoacetyl-CoA reductase from *Ralstonia eutropha* reveals two mutations responsible for enhanced kinetics, Appl. Environ. Microbiol., 79, 6134-6139 (2013) (DOI: doi: 10.1128/AEM.01768-13).
4. Ayaka Hiroe, Manami Hyakutake, Nicholas M. Thomson, Easan Sivaniah, Takeharu Tsuge, Endogenous ethanol affects biopolyester molecular weight in

- recombinant *Escherichia coli*; ACS Chemical Biology, 8, 2568-2576 (2013). (DOI: 10.1021/cb400465p)
5. Noreen G. V. Fundador, Yukiko Enomoto-Rogers, Tadahisa Iwata, "Esterification of xylan and its application," in Green Polymer Chemistry: Biocatalysis and Materials II, H. N. Cheng, R. A. Gross, P. B. Smith, eds. (American Chemical Society, 2013), pp. 393-406.
  6. John Masani Nduko, Ken'ichiro Matsumoto, Seiichi Taguchi, "Microbial Plastic Factory: Synthesis and Properties of the New Lactate-Based Biopolymers": Biocatalysis and Materials II, H. N. Cheng, R. A. Gross, P. B. Smith, eds. (American Chemical Society, 2013), pp. 175-197.
  7. Noreen G. V. Fundador, Tadahisa Iwata: Enhanced crystallization of poly(d-lactide) by xylan esters; Polymer Degradation and Stability 98, 2482-2487 (2013) (DOI: 10.1016/j.polyimdegstab.2013.06.013).
  8. Taizo Kabe, Tomoko Sato, Ken-ichi Kasuya, Takaaki Hikima, Masaki Takata, Tadahisa Iwata: Transition of spherulite morphology in a crystalline/crystalline binary blend of biodegradable microbial polyesters; Polymer 55, 271-277 (2014) (DOI: 10.1016/j.polymer.2013.11.038).
  9. John Masani Nduko, Ken'ichiro Matsumoto, Toshihiko Ooi, Seiichi Taguchi, Enhanced production of poly(lactate-co-3-hydroxybutyrate) from xylose in engineered *Escherichia coli* overexpressing a galactitol transporter, Appl. Microbiol. Biotechnol., 98, 2453-2460 (2014) (DOI: doi: 10.1007/s00253-013-5401-0).
  10. A. Hiroe, K. Ushimaru, and T. Tsuge, "Characterization of polyhydroxyalkanoate (PHA) synthase derived from *Delftia acidovorans* DS-17 and the influence of PHA production in *Escherichia coli*", Journal of Bioscience and Bioengineering,

### (3-2) 知財出願

- ①平成 25 年度特許出願件数(国内 0 件)
- ②CREST 研究期間累積件数(国内 0 件)